

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-333553

(P 2 0 0 1 - 3 3 3 5 5 3 A)

(43) 公開日 平成13年11月30日 (2001.11.30)

(51) Int. Cl. 7

H02K 1/27

識別記号

501

F I

H02K 1/27

テーマコード

(参考)

A 5H002

501 K 5H619

501 M 5H621

1/30 A 5H622

19/10 A

1/30

19/10

1/30

19/10

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号

特願2000-147977 (P 2000-147977)

(22) 出願日

平成12年5月19日 (2000.5.19)

(71) 出願人 000006611

株式会社富士通ゼネラル

神奈川県川崎市高津区末長1116番地

(72) 発明者 村上 正憲

神奈川県川崎市高津区末長1116番地 株式

会社富士通ゼネラル内

(74) 代理人 100083404

弁理士 大原 拓也

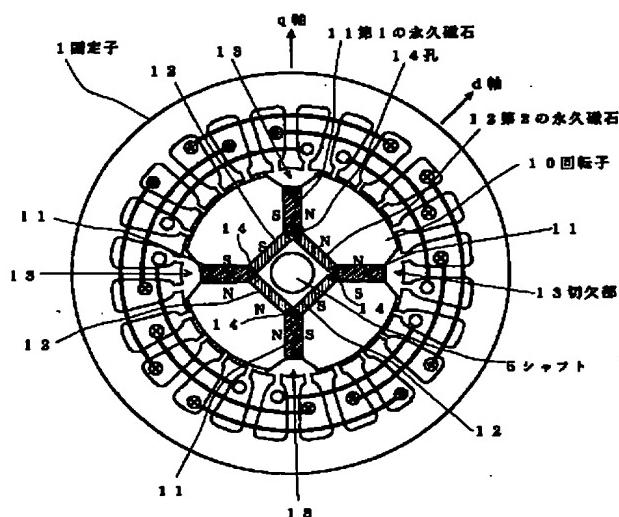
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】永久磁石電動機

(57) 【要約】

【課題】 永久磁石電動機において、渦電流による損失を低減し、リラクタンストルクと併用するマグネットトルクの向上を図って高効率化を目的とする。

【解決手段】 回転磁界を発生する固定子1の内側の回転子10は、当該半径方向に断面長方形とした第1の永久磁石11を外周から離し、かつ、q軸に沿って埋め込むとともに、これら第1の永久磁石11の間で当該中心側にd軸と直角方向を長辺とした断面長方形の第2の永久磁石12を埋め込んでなる。それら第1の永久磁石11の端部と外周との間および第1の永久磁石11と第2の永久磁石12との間にはそれぞれフラックスバリアの切欠部13、三角形の孔14を形成してなる。また、第1および第2の永久磁石11、12の断面長方形の長辺側を磁極とし、かつ、隣接する第1の永久磁石11の長辺で相対する面側を同一極に着磁するとともに、第2の永久磁石12の外周側の長辺をその第1の永久磁石11と同一極に着磁する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 回転磁界を発生する固定子の内側に回転子を有する永久磁石電動機において、前記回転子には、当該半径方向に断面長方形とした第1の永久磁石を当該外周から離し、かつ、 $q$  軸に沿って埋め込むとともに、それら第1の永久磁石の間で当該中心側に  $d$  軸と直角方向を長辺とした断面長方形の第2の永久磁石を埋め込み、該第1の永久磁石の端部と外周との間および第1の永久磁石と第2の永久磁石との間にそれぞれフラックスバリアを形成し、前記第1および第2の永久磁石を、円周方向に当該極数分等間隔に配置してその断面長方形の長辺側を磁極とし、かつ、隣接する第1の永久磁石の長辺で相対する面側を同一極に着磁するとともに、第2の永久磁石の外周側の長辺をその第1の永久磁石と同一極に着磁してなることを特徴とする永久磁石電動機。

【請求項 2】 前記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、当該外周を溝状とした切欠部であり、該切欠部は、前記第1の永久磁石の端部に平行で同じ長さの辺と前記  $q$  軸に対して鋭角な2つの辺により開いた形状をし、前記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、前記切欠部と第1の永久磁石との間および前記孔と第1、第2の永久磁石との間を前記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項 3】 前記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、前記第1の永久磁石の端部でその内側から外周側に延び、かつ、前記  $q$  軸に対して鋭角な2つの辺とその外周に沿った円弧により前記第1の永久磁石の埋設孔と一体化した孔であり、前記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、前記第1の永久磁石の外周側の孔と外周との間および当該シャフト側の孔と第1、第2の永久磁石との間を前記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項 4】 前記第1の永久磁石と第2の永久磁石とは、それぞれ部分的に当接してなり、前記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、前記第1の永久磁石の端部でその内側から外周側に延び、かつ、前記  $q$  軸に対して鋭角な2つの辺とその外周に沿った円弧により前記第1の永久磁石の埋設孔と一体化した孔であり、該孔と外周との間を前記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなり、前記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、同第1および第2の永久磁石の端部当接により形成される領域を孔とし、同第1および第2の永久磁石の埋設孔と一体化してなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項 5】 前記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、その第1の永久磁石の端部と平

行で同端部より長い辺と、前記  $q$  軸と鋭角をなして外周に達する2つの辺とからなり、その  $q$  軸付近をつぼめた溝形状の切欠部であり、該切欠部と第1の永久磁石との間を前記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなり、前記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔である請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項 6】 前記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、前記第1の永久磁石の端部と平行で同端部より長い辺と、前記  $q$  軸と平行をなして外周側に延びた2つの辺と、その外周に沿った円弧とからなる孔であり、前記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、前記第1の永久磁石の外周側の孔と外周との間、および当該シャフト側の孔と第1、第2の永久磁石との間を、それぞれ前記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなる請求項1に記載の永久磁石電動機。

【請求項 7】 前記第1および第2永久磁石と外周との間の領域で  $d$  軸上にリベットを通して前記回転子のコアを固定しており、該リベットを磁性材で構成した請求項1、2、3、4、5または6に記載の永久磁石電動機。

【請求項 8】 前記第1および第2の永久磁石の材質は、フェライト磁石あるいは希土類磁石である請求項1、2、3、4、5、6または7に記載の永久磁石電動機。

【請求項 9】 前記回転子は、電磁鋼板を自動プレスで打ち抜くとともに、金型内で自動積層し、該自動プレスによって打ち抜いた孔に前記永久磁石を埋め込んでなる請求項1、2、4、5、6、7または8に記載の永久磁石電動機。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、空気調和機や電気自動車等に用いるモータで、マグネットトルクとリラクタンストルクを利用する永久磁石電動機に係り、特に詳しくは、マグネットトルクの向上を図って効率を高くする永久磁石電動機に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】永久磁石電動機には、例えば図8に示す構成のものがある。この永久磁石電動機は、回転磁界を発生する24スロットの固定子1内に回転子2を有しており、この回転子2には、当該永久磁石電動機の極数

(4極) 分だけの永久磁石(例えばフェライト磁石)3が  $q$  軸に沿って埋め込まれ、かつ、永久磁石3の当該中心側端部の間にも永久磁石4が埋め込まれている。

【0003】それら永久磁石3は、断面が長方形であり、この長方形の端部を回転子2の外周側とシャフト5側に向けて  $q$  軸上に埋め込み、かつその長辺側を磁極にするとともに、隣接する永久磁石3の側面を同一極にし

ている。永久磁石4は、永久磁石3と同様に断面が長方形であり、永久磁石3の間でシャフト5側に埋め込み、その長辺側を磁極にするとともに、回転子2の外周側面を永久磁石3と同一極にしている。

【0004】また、永久磁石3、4の端辺によって形成される領域は、ラックスバリア6の孔となっている。上記永久磁石3、4を埋め込んだ回転子2によると、回転力となるマグネットトルクを発生させることができる。

【0005】永久磁石3、4と当該外周の間には、固定子1からの磁束のうち一方の $q$ 軸から他方の $q$ 軸への磁束の路（磁路）が確保され、しかも、一方の $d$ 軸から他方の $d$ 軸への磁束の路が特に永久磁石3で阻害される。したがって、 $d$ 軸、 $q$ 軸のインダクタンス差が大きくなり、リラクタンストルクが発生する。このため、マグネットトルクとリラクタンストルクとを併せることでトータルトルクを向上させ、効率の高いモータを実現することができる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上記永久磁石電動機においては、マグネットトルクを大きくするために永久磁石3をできるだけ大きくし、また、漏れ磁束を軽減するために、永久磁石3の断面長方形の短辺端部を回転子2の外周近くまで延ばしている。

【0007】この場合、永久磁石3が回転子2の表面に近いと、どうしても渦電流がその表面に生じ易くなる。特に、導電率の高い磁石（特に希土類磁石）が用いられると、渦電流が大きくなり、渦電流による損失が大きくなる。

【0008】また、永久磁石3、4による磁束は、回転子2の表面全体に分布するため、マグネットトルクの発生に寄与しない磁束があり、その磁束は有効に利用されていない。

【0009】本発明は、上記課題に鑑みなされたものであり、その目的は、渦電流を低減するとともに、永久磁石による磁束に突極性をもたせてその磁束を有効に利用し、マグネットトルクの向上を図り、モータの高効率化を図ることができるようとした永久磁石電動機を提供することにある。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、本発明は、回転磁界を発生する固定子の内側に回転子を有する永久磁石電動機において、上記回転子には、当該半径方向に断面長方形とした第1の永久磁石を当該外周から離し、かつ、 $q$ 軸に沿って埋め込むとともに、それら第1の永久磁石の間で当該中心側に $d$ 軸と直角方向を長辺とした断面長方形の第2の永久磁石を埋め込み、この第1の永久磁石の端部と外周との間および第1の永久磁石と第2の永久磁石との間にそれぞれラックスバリアを形成し、上記第1および第2の永久磁石を、

10

円周方向に当該極数分等間隔に配置してその断面長方形の長辺側を磁極とし、かつ、隣接する第1の永久磁石の長辺で相対する面側を同一極に着磁するとともに、第2の永久磁石の外周側の長辺をその第1の永久磁石と同一極に着磁してなることを特徴としている。

10

【0011】上記第1の永久磁石の端部と外周との間のラックスバリアは、当該外周を溝状とした切欠部であり、この切欠部は、上記第1の永久磁石の端部に平行で同じ長さの辺と上記 $q$ 軸に対して鋭角な2つの辺により開いた形状をし、上記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、上記切欠部と第1の永久磁石との間および上記孔と第1、第2の永久磁石との間を上記回転子を構成するコアシートの厚さ以上にするとよい。これにより、当該回転子を製造する場合には電磁鋼板を打ち抜いたコアシートを積層し、そのコアシートの打ち抜き時に切欠部も形成することができるため、コストアップとならずに済む。

20

【0012】上記第1の永久磁石の端部と外周との間のラックスバリアは、上記第1の永久磁石の端部でその内側から外周側に延び、かつ、上記 $q$ 軸に対して鋭角な2つの辺とその外周に沿った円弧により上記第1の永久磁石の埋設孔と一体化した孔であり、上記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、上記第1の永久磁石の外周側の孔と外周との間および当該シャフト側の孔と第1、第2の永久磁石との間を上記回転子を構成するコアシートの厚さ以上にするとよい。これにより、上記切欠部と同様に、コストアップにならず済むばかりでなく、コアシートを打ち抜く際に発生するバリ等を減らすことができることから、歩留まり向上させるとともに、上記切欠部の開きを固定子の磁極ピッチに合わせて回転子の磁極ピッチと固定子の磁極ピッチとの最適化を図ることができる。

30

【0013】上記第1の永久磁石と第2の永久磁石とは、それぞれ部分的に当接してなり、上記第1の永久磁石の端部と外周との間のラックスバリアは、上記第1の永久磁石の端部でその内側から外周側に延び、かつ、上記 $q$ 軸に対して鋭角な2つの辺とその外周に沿った円弧により上記第1の永久磁石の埋設孔と一体化した孔であり、この孔と外周との間を上記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなり、上記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のラックスバリアは、同第1および第2の永久磁石の端部当接により形成される領域を孔とし、同第1および第2の永久磁石の埋設孔と一体化するとよい。これにより、上記切欠部と同様に、コストアップにならずに済むばかりでなく、コアシートを打ち抜く際に発生するバリ等を減らすことができることから、歩留まりを向上させるとともに、第1および第2の永久磁石の使用量を多くしてマグネットトルクの向上を

40

50

図ることが可能である。

【0014】上記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、その第1の永久磁石の端部と平行で同端部より長い辺と、上記 $q$ 軸と鋭角をなして外周に達する2つの辺とからなり、その $q$ 軸付近をつぼめた溝形状の切欠部であり、この切欠部と第1の永久磁石との間に上記回転子を構成するコアシートの厚さ以上としてなり、上記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔にするとよい。これにより、上述同様の作用、効果に他に、磁極の集中幅を狭くした回転子と磁極の集中幅を狭くした回転子とを固定子のスロット数や巻線に応じて選択すれば、固定子の磁極ピッチと回転子の磁極ピッチの最適化が図れる。

【0015】上記第1の永久磁石の端部と外周との間のフラックスバリアは、上記第1の永久磁石の端部と平行で同端部より長い辺と、上記 $q$ 軸と平行をなして外周側に延びた2つの辺と、その外周に沿った円弧とからなる孔であり、上記第1の永久磁石と第2の永久磁石との間のフラックスバリアは、それら永久磁石の間の領域に設けた孔であり、上記第1の永久磁石の外周側の孔と外周との間、および当該シャフト側の孔と第1、第2の永久磁石との間を、それぞれ上記回転子を構成するコアシートの厚さ以上にするとよい。これにより、上述同様の作用、効果が得られる。

【0016】上記第1および第2永久磁石と外周との間の領域で $d$ 軸上にリベットを通して上記回転子のコアを固定しており、このリベットを磁性材で構成するとよい。これにより、コアシートを積層したコアの両端部に蓋をしてリベットを通してに、内部に埋め込んである永久磁石が移動して飛び出すこともないため、信頼性の向上が図れるとともに、回転子内の磁束の流れの乱れが少なくなる。

【0017】上記第1および第2の永久磁石の材質は、フェライト磁石あるいは希土類磁石にするとよい。これにより、コストやトルク等を勘案して種々適応的なモータが得られる。

【0018】上記回転子は、電磁鋼板を自動プレスで打ち抜くとともに、金型内で自動積層し、この自動プレスによって打ち抜いた孔に上記永久磁石を埋め込むとよい。これにより、従来の製造技術によって当該回転子を製造することができ、製造コストが安価に済む。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を図1ないし図7を参照して詳しく説明する。なお、図中、図8と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0020】図1および図2において、本発明の第1の実施例を示す永久磁石電動機の回転子10は、当該半径方向に長い断面長方形の第1の永久磁石11を $q$ 軸に沿

って当該極数（四極）分だけ等間隔に埋め込み、これら第1の永久磁石11の端部（断面長方形の短辺部）のシャフト5側の間に断面長方形の第2の永久磁石12を埋め込む。また、第1の永久磁石11の端部と当該外周との間で $d$ 軸方向に広い溝形状の切欠部（フラックスバリア）13を形成するとともに、それら第1および第2の永久磁石11、12の端部によって形成される領域にはほぼ三角形の孔（フラックスバリア）14を形成している。

【0021】それら第1および第2の永久磁石11、12は、断面長方形の長辺側を磁極とし、隣接する第1の永久磁石11の相対する面および第2の永久磁石12の当該外周側面を同一極とし、当該モータを四極としている。

【0022】この場合、切欠部13を形成するために、第1の永久磁石11の $q$ 軸方向の長さを多少短くすると、当該マグネットトルクが従来より小さくなるが、その分第1の永久磁石11の幅（断面長方形の短辺側の寸法）を大きくしてマグネット使用量を従来例と同程度にするとよい。そして、第1および第2の永久磁石11、12の材料としてフェライト磁石に代えて希土類磁石を用いれば、第1の永久磁石11の幅が従来例と同程度でも、マグネットトルクを従来例より大きくすることができる。

【0023】切欠部13は、第1の永久磁石11の端部と平行な辺と、その端部の両角の方向からそれぞれ回転子10の外周円の縁まで延びた $q$ 軸と対称の両辺とからなる。つまり、台形の上辺および両斜辺とからなり、上辺は、第1の永久磁石11の端部と同じ長さとし、それら斜辺は $q$ 軸に対して鋭角としてなる。

【0024】また、この永久磁石電動機は120度通電方式を採用する。このとき、隣接する切欠部13の間の円弧（回転子10の外周仮想力所）の中心角 $\alpha$ が最大で60度となるように、切欠部13を形成するとよい（図2参照）。この場合、例えば回転子10を6スロット構造とし、集中巻を施すと、回転子10の磁極ピッチと固定子1の磁極ピッチとの最適化が図れる。なお、切欠部13は直線形状でなく、少なくとも両斜辺部分を曲線形状にしてもよい。

【0025】上記構成とした回転子10によると、マグネットトルクが少なくとも従来例と同程度の大きさであり、またリラクタンストルクも従来と同様に発生する。また、上記切欠部13により、第1の永久磁石11の磁束の漏洩、短絡が防止されるだけなく、第1および第2の永久磁石11、12の磁束が $d$ 軸方向に集中する。つまり、回転子10からの磁束が $d$ 軸側に突極性をもつ構造となる。なお、孔14によっても、第1および第2の永久磁石11、12の磁束の漏洩、短絡が防止される。したがって、その磁束が有効に利用されるため、当該マグネットトルクが従来より大きくなっているモータの効率が

高くなる。

【 0 0 2 6 】 なお、固定子 1 からの磁束のうち一方の  $q$  軸から他方の  $q$  軸への磁束の路を確保し、一方の  $d$  軸から他方の  $d$  軸への磁束の路に対してほぼ直角に介在することから、 $d$  軸、 $q$  軸インダクタンス差 ( $L_d - L_q$ ) が大きくなり、リラクタンストルクが得られる。また、第 1 の永久磁石 1 1 と回転子 1 0 の外周との間には空気層の切欠部 1 3 が介在し、第 1 の永久磁石 1 1 は、回転子 1 0 の外周から離れた形となる。したがって、第 1 の永久磁石 1 1 の表面の渦電流が低減し、渦電流による損失が低減する。

【 0 0 2 7 】 さらに、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 の材料としては、フェライト磁石や希土類磁石を用いる。フェライト磁石を用いた場合は、モータの低コスト化に有効であり、希土類磁石を用いた場合は、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 が従来例より小さくとも、少なくとも同程度のマグネットトルクを得ることができる。このため、モータの高トルク化、小型化に有効であり、コストやトルク等を勘案して種々適応的なモータを得ることができる。

【 0 0 2 8 】 ここで、回転子 1 0 の製造について説明すると、コアプレス金型を用いて自動プレスで電磁鋼板を打ち抜き、同金型内で一体的に形成するコア積層方式（自動積層方式）を採用する。図 3 に示すように、このプレス加工工程では、回転子 1 0 のコアを打ち抜くが、その外周を切欠部 1 3 の形状に打ち抜くとともに、同時にシャフト 5 の孔（中心孔）4 a、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 を埋め込む孔およびフラックスバリアの孔 1 4 を打ち抜き、これら孔を打ち抜いたコアシート 1 0 a を積層し、かしめて固定する。上記自動積層方式によって自動的にプレス、積層して得た回転子 1 0 のコアの孔に I PM 方式で第 1 の永久磁石 1 1 を埋め込む。

【 0 0 2 9 】 なお、第 1 の永久磁石 1 1 は、 $q$  軸に対して直角方向（断面長方形の長辺に直角方向）に磁化、着磁し、隣接する第 1 の永久磁石 1 1 の相対する面を同一極にし、第 2 の永久磁石 1 2 は、 $d$  軸と同じ方向（断面長方形の長辺に直角方向）に磁化、着磁し、隣接する第 1 の永久磁石 1 1 と同一極とする。

【 0 0 3 0 】 また、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 の埋設孔と切欠部 1 3 との間隔（ブリッジ幅）、および第 1, 第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 と孔 1 4 との間隔（ブリッジ幅）は、コアシート 1 0 a の厚さ  $t$  以上（例えば  $t \sim 3t$ ）とする。これにより、後述するコア製造時にバリ等の発生がなく、コア製造の歩留まりが向上する。したがって、製造コストの低下が可能になるばかりでなく、コアの機械的強度を保つこともでき、特に、回転時でのコア強度が保たれ、モータの信頼性も向上する。

【 0 0 3 1 】 さらに、上述した固定においては、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 がコア内で移動したり、

コアから飛び出さないように、積層したコアの両端側に蓋（端子板）1 5 を添えるとともに、かしめ用のリベット 1 6 を通す。なお、図 3 については、他の部分については図 2 と同じであることから説明を省略する。この場合、コアシート 1 0 a を打ち抜く際にそのリベット 1 6 の孔も打ち抜くことになる。

【 0 0 3 2 】 上記リベット 1 6 は、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 と当該外周との間で  $d$  軸上に余裕をもって通すことができるが、一方の  $q$  軸から他方の  $q$  軸への磁束に対して悪影響（例えば乱れ）が起こらないようにするため、そのリベット 1 6 の材質に透磁率のよい磁性体を用いる。なお、コアのかしめとしては、リベット 1 6 を通すだけなく、かしめをコアシート 1 0 a のプレス加工積層時に形成すれば、コアの固定強度をより増加させることができる。

【 0 0 3 3 】 上述した高トルク、高効率のモータを、例えば空気調和機の圧縮機モータ等として利用すれば、空気調和機の低コスト化、空気調和機の性能アップ（運転効率の上昇、振動や騒音の低下）を図ることができる。

20 なお、図 1 においては、四極構成とした回転子 1 0 に対し、従来例の図 8 に合わせて 24 スロットの固定子 1 に U 相、W 相、V 相の巻線を施しているが、他のスロット数でもよい。

【 0 0 3 4 】 図 4 は、第 2 の実施例を示す永久磁石電動機の回転子の概略的構造図である。なお、図中、図 2 と同一部分および相当には同一符号を付して重複説明を省略する。

【 0 0 3 5 】 図 4 において、この回転子 2 0 は、第 1 の永久磁石 1 1 の端部（外周側端部）と同回転子 2 0 の外周との間に、切欠部 1 3 に代えて孔 2 1 を形成してなる。孔 2 1 は、切欠部 1 3 とほぼ相似形であり、第 1 の永久磁石 1 1 の端部から外周側に延びた両辺と外周に沿った円弧とから囲まれたフラックスバリアということになる。

【 0 0 3 6 】 孔 2 1 の第 1 の永久磁石 1 1 側の辺については、当然、同第 1 の永久磁石 1 1 の端辺の長さより短くし、第 1 の永久磁石 1 1 を埋め込む孔と孔 2 1 とは一体化した孔としてなる。なお、後述する図 8 の変形例と同様に、第 1 の永久磁石 1 1 と孔 2 1 のフラックスバリアとを分離した形にしてもよい。

【 0 0 3 7 】 したがって、本実施例によると、第 1 の実施例と同じ効果を奏する。また、コア機構強度の面については、孔 2 1 と回転子 2 0 の外周との間をある程度の幅としていることから、その強度に対して何等影響を及ぼされないことがないため、機構強度が高い。

【 0 0 3 8 】 上記構成とした回転子 2 0 を製造する場合、前述した実施例と同じく、コア積層方式（自動積層方式）を適用し、プレス加工工程において回転子 2 0 のコアを打ち抜く。そして、シャフト 5 の孔と、第 1 および第 2 の永久磁石 1 1, 1 2 を埋め込む孔と一体化した

孔 21 およびフラックスバリアの孔 14 を打ち抜き、これら孔を打ち抜いたコアシート 10a を積層してかしめ、固定する。

【0039】その回転子 20 の製造においては、図 2 および図 3 の実施例で説明したように、第 1 および第 2 の永久磁石 11, 12 を埋め込む他に、両端側に端子板を添えてリベットを通す。なお、その製造については、既に説明していることから、詳細は省略する。

【0040】図 5 は、本発明の第 3 の実施例を示す回転子の概略的構造図である。なお、図中、図 2 および図 4 と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0041】図 5において、この回転子 30 は、第 1 の永久磁石 11 に代えて同形状の第 1 の永久磁石 31 を埋め込むとともに、第 2 の永久磁石 12 に代えて同形状の第 2 の永久磁石 32 を埋め込み、かつ、第 1 の永久磁石 31 と第 2 の永久磁石 32 をそれぞれ部分的（例えばその角）に当接してなる。

【0042】また、図 2 に示した切欠部 13、あるいは図 4 に示した孔 21 に代えて、同孔 21 に第 1 の永久磁石 31 の当該外周側端部まで延ばした孔（フラックスバリア）33 を形成し、第 1 および第 2 の永久磁石 31, 32 の端部間の領域（三角形）を孔（フラックスバリア）34 としてなる。なお、孔 33 の第 1 の永久磁石 31 側の辺については、当然、第 1 の永久磁石 31 の端辺の長さより短くする。したがって、第 1 および第 2 の永久磁石 31, 32 を埋め込む孔、孔 33 および孔 34 は一体化した孔となる。

【0043】これにより、第 1 および第 2 の永久磁石 31, 32 を前述した実施例よりも磁石使用量が多くしてマグネットトルクを大きくすることができます。また、本実施例は、他に第 1 の実施例や同実施例の変形例と同様の作用、効果を奏する。なお、回転子 30 の製造についても、前同実施例と同様でよいことから、その説明を省略する。

【0044】第 1 の実施例の変形例を図 6 および図 7 に示す。なお、図 6 および図 7 中、図 2 と同一部分には同一符号を付して重複説明を省略する。

【0045】図 6 に示す第 1 の変形例の回転子 40 は、図 2 の切欠部 13 と逆形状の切欠部 41 を形成してなる。切欠部 41 は、第 1 の永久磁石 11 の端部側の辺を同端部（断面長方形の端辺）より長くし、当該外周に延びた両辺を q 軸方向に向け、その q 軸側をつぼめてなる。

【0046】この場合、前述した実施例と同様に、第 1 の永久磁石 11 の磁束の漏洩、短絡を防止できる。これは、第 1 および第 2 の永久磁石 11, 12 の磁束が d 軸方向に集中する度合が小さく、その d 軸側の突極幅が広い構造となるからである。したがって、固定子のスロット数や巻線に応じて、前述した第 1 の実施例等を選択し、あるいは本変形例を選択すれば、固定子の磁極ピッ

チと回転子の磁極ピッチの最適化が図れる。

【0047】図 7 に示す第 2 の変形例の回転子 50 は、図 6 の変形例と同様の主旨から図 2 の切欠部 13 に代えてフラックスバリアの孔 51 を形成してなる。孔 51 は、第 1 の永久磁石 11 の端部側の辺を同端部（断面長方形の端辺）より長くし、当該外周に延びた両辺を q 軸と平行とし、その外周側を円弧形状としてなる。

【0048】この場合、前述した実施例と同様に、第 1 の永久磁石 11 の磁束の漏洩、短絡を防止できる。これは、第 1 および第 2 の永久磁石 11, 12 の磁束が d 軸方向に集中する度合が小さく、その d 軸側の突極幅が広い構造となるからである。したがって、固定子のスロット数や巻線によっては、前述した第 1 の実施例等を選択し、あるいは本変形例を選択することができる。

【0049】なお、第 1 および第 2 の変形例において、切欠部 41 および孔 51 と第 1 の永久磁石 11 の端部との間には、コアシート 10a の厚さ t 以上（例えば t ~ 3t）の幅を設ける。また、回転子 40, 50 の製造については、前述と同様に行えばよいことから、その説明を省略する。

#### 【0050】

【発明の効果】以上説明した本発明によると、以下に述べる効果を奏する。本発明の永久磁石電動機は、固定子の内側の回転子に、当該半径方向に断面長方形とした第 1 の永久磁石を当該外周から離し、かつ、q 軸に沿って埋め込むとともに、それら第 1 の永久磁石の間で当該中心側に d 軸と直角方向を長辺とした断面長方形の第 2 の永久磁石を埋め込み、この第 1 の永久磁石の端部と外周との間および第 1 の永久磁石と第 2 の永久磁石との間にそれぞれフラックスバリアを形成していることから、永久磁石と回転子の外周との間のフラックスバリアにより、永久磁石の磁束の漏洩、短絡を防止するとともに、回転子表面の渦電流を低減する一方、永久磁石による磁束を d 軸付近に集中させることができる。したがって、d 軸方向に突極性をもたせてその磁束を有効に利用することができるため、マグネットトルクが大きくなり、また、リラクタンストルクも利用できるため、モータの高効率化を図ることができるという効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の第 1 の実施の形態を示す永久磁石電動機の概略的構造図。

【図 2】図 1 に示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的構造図。

【図 3】図 1 に示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的側面図。

【図 4】本発明の第 2 の実施例を示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的構造図。

【図 5】本発明の第 3 の実施例を示す永久磁石電動機を説明するための回転子の概略的構造図。

【図 6】本発明の第 1 の実施例の第 1 の変形例を示す永

久磁石電動機を説明するための回転子の概略的構造図。

【図 7】本発明の第 1 の実施例の第 2 の変形例を示す永

久磁石電動機を説明するための回転子の概略的構造図

【図 8】従来の永久磁石電動機の概略的構造図。

【符号の説明】

1 固定子

5 シャフト

10, 20, 30, 40, 50 回転子

10 a コアシート

11, 31 第 1 の永久磁石

12, 32 第 2 の永久磁石

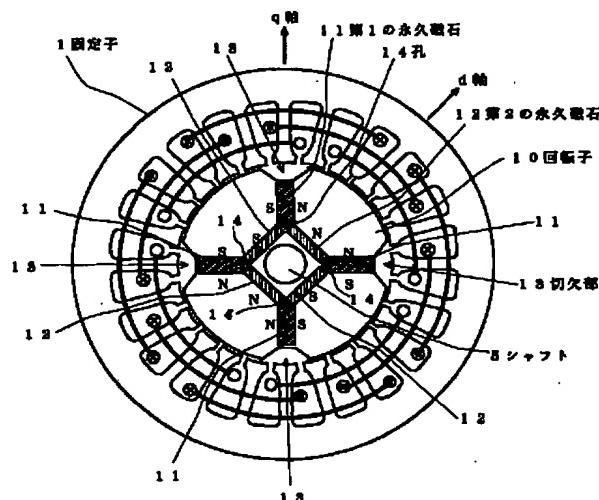
13, 41 切欠部 (フラックスバリア)

14, 21, 33, 34, 51 孔 (フラックスバリ  
ア)

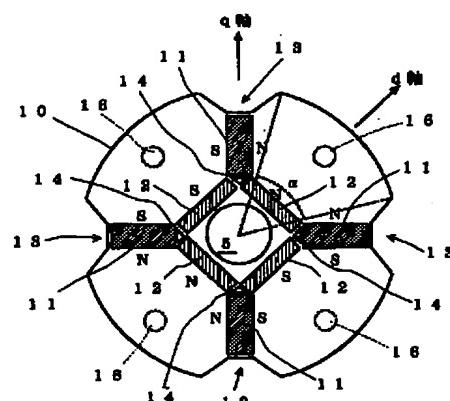
16 リベット

t コアシートの厚さ

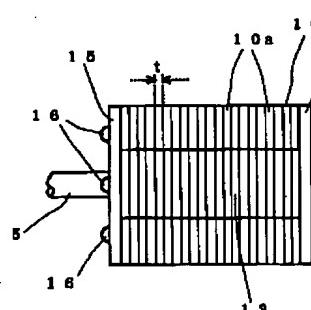
【図 1】



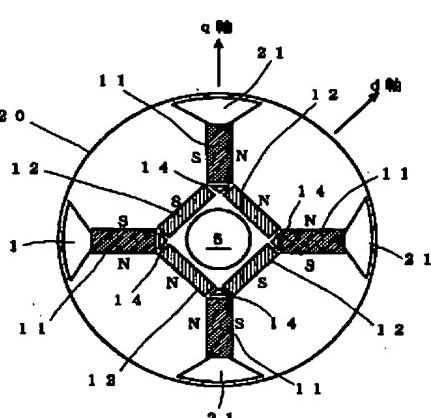
【図 2】



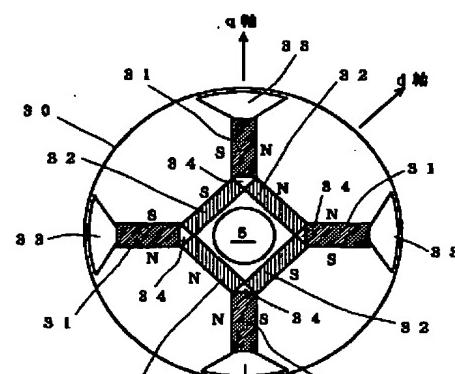
【図 3】



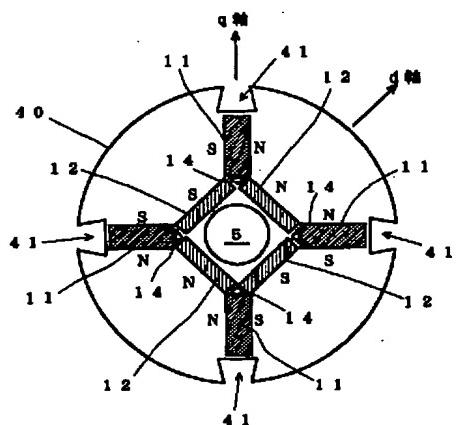
【図 4】



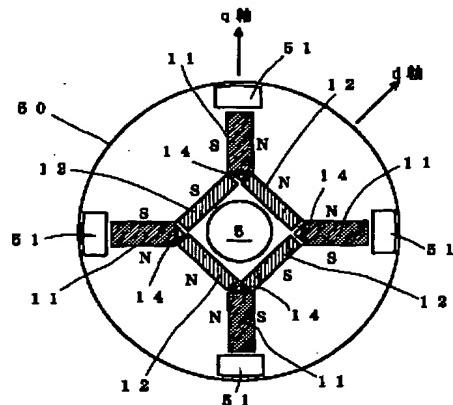
【図 5】



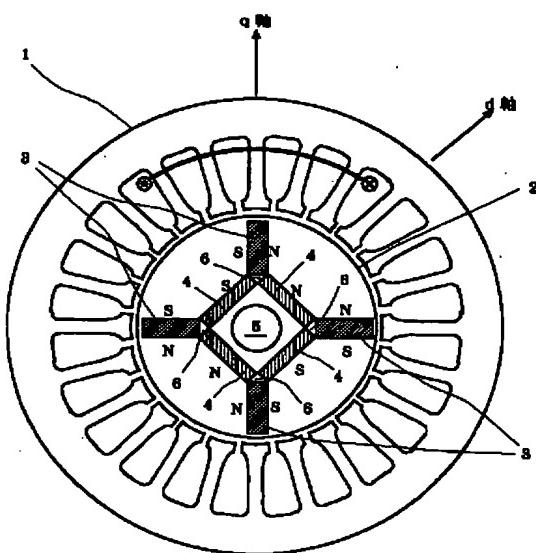
【図 6】



【図 7】



【図 8】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>

識別記号

21/16

F I

21/16

テーマコード (参考)

M

F ターム(参考) 5H002 AA02 AA09 AB01 AB07 AC03  
AE07 AE08  
5H619 AA01 BB01 BB13 BB15 BB24  
PP01 PP02 PP04 PP05 PP06  
PP08  
5H621 BB10 GA04 GA11 HH01  
5H622 AA03 CA02 CA07 CA10 CA13  
PP03 PP07 PP10